甘蔗梢对肉羊的饲用价值评定

王世琴[1] 张乃锋[1] 邓凯东[2] 姜成钢[1] 刁其玉[1*]

（1.中国农业科学院饲料研究所，农业部生物饲料重点实验室，北京 100081；2.金陵科技学院动物科学与技术学院，南京 210038）

摘 要：本试验从常规营养成分分析、半体内试验以及体内消化试验 3 方面，开展了甘蔗梢在肉羊中的饲用价值评定研究。半体内试验选用 3 只装有永久瘤胃瘘管的杜泊×小尾寒羊 F_1 成年羯羊，采用尼龙袋法测定了甘蔗梢主要营养物质的瘤胃降解特性。体内消化试验选用杜泊×小尾寒羊 F_1 成年公羊 6 只，体重为（67.0±5.1） kg。预试期 10 d，正试期 6 d，自由采食甘蔗梢，采用全收粪法测定干物质采食量（DMI）和营养物质表观消化率。结果表明：1）甘蔗梢的总能（GE）及粗蛋白质（CP）、粗脂肪（EE）、中性洗涤纤维（NDF）、酸性洗涤纤维（ADF）、粗灰分（Ash）、钙（Ca）和磷（P）含量[干物质(DM)基础]分别为 16.58 MJ/kg、7.26%、1.23%、68.15%、34.54%、7.02%、0.52%和 0.14%；2）甘蔗梢的 DM、OM、CP、NDF 和 ADF 在肉羊瘤胃内的有效降解率分别为 45.53%、44.14%、49.33%、33.02%和 35.26%；3）肉羊对甘蔗梢的 DMI 为 942.95 g/d，占体重的 1.39%，甘蔗梢的可供采食潜力为 39.98 g/（kg $W^{0.75}$·d）；4）甘蔗梢对肉羊的消化能为 8.32 MJ/kg；5）甘蔗梢 DM、OM、CP、EE、NDF、ADF、Ca 和 P 在肉羊中的表观消化率分别为 52.48%、54.17%、50.96%、55.84%、54.83%、47.57%、8.79%和 0.84%，氮沉积率为 20.09%，氮生物学价值为 38.68%；6）甘蔗梢的粗饲料分级指数为 1.16，属于第 4 级。上述结果提示，甘蔗梢能够被肉羊采食和利用，属于中等品质粗饲料。建议在配制肉羊饲粮时，考虑甘蔗梢 CP 含量低和纤维含量高的特点以及 Ca、P 的补充。

关键词：肉羊；甘蔗梢；饲用价值；瘤胃降解率；表观消化率；消化能

中图分类号：S826

甘蔗属于四碳（C4）植物，具有很高的光能转化效率，是高效利用太阳能的一种经

收稿日期：2017-09-01
基金项目：公益性行业（农业）科研专项（201403049）；公益性行业（农业）科研专项（201303143）
作者简介：王世琴（1988-），女，安徽阜南人，博士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail： wshq1988@163.com，
*通信作者:刁其玉，研究员，博士生导师，E-mail： diaoqiyu@caas.cn

济作物。甘蔗梢（sugarcane tops and leaves）是收获甘蔗时砍下的顶端 2~3 个嫩节和青绿色叶片的统称，是甘蔗的副产物。我国甘蔗的种植面积在巴西和印度之后，居世界第 3 位，是我国南方地区主要的经济作物之一。广西、云南、广东、贵州、湖南等省份属于热带和亚热带地区，是甘蔗的主产区。2015 年我国甘蔗总产量是 1.17 亿 t[1]，按甘蔗鲜质量为总质量的 20%计[2]，年产甘蔗叶梢约 0.23 亿 t。目前甘蔗梢除一部分用于肉牛、肉羊养殖外，还有很大一部分被丢弃。在南方地区，甘蔗梢是甘蔗主产区冬春季节主要的粗饲料来源。

国内外都有将甘蔗梢作为青绿饲料或制成青贮饲料饲喂反刍动物的研究报道。在巴西等国家，研究证实甘蔗是一种相对非常容易种植和管理的经济作物，是肉牛养殖的主要饲料来源之一[3-5]。我国对甘蔗梢在畜牧业上的应用也进行了大量的研究，特别是在南方甘蔗主产区，甘蔗梢多作为反刍动物的青绿饲料直接饲喂或者经青贮、氨化后饲喂，通过青贮可以解决甘蔗梢的长期贮藏问题，同时还可以提高其饲料利用率[6]。甘蔗梢作为反刍动物粗饲料的来源，具有一定的可利用价值。目前的研究主要集中在常规营养成分的测定和牛羊生产应用方面[7-8]，鲜见对其进行全面的营养价值评定的研究。甘蔗梢基础数据的缺乏，增加了饲料配方设计的难度。本试验从甘蔗主产区采集甘蔗梢样品，从常规营养成分、半体内试验以及体内消化试验 3 方面，并利用粗饲料分级指数（grading index，GI），较全面地评价了甘蔗梢在肉羊中的营养价值，为甘蔗梢在肉羊饲料中的高效利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 甘蔗梢样品的采集与制备

甘蔗梢样品于 2016 年 8 月采集于广西省武宣县金泰丰农牧科技有限公司糖用甘蔗种植基地。在甘蔗成熟收割后，采集新鲜甘蔗梢（顶端 2~3 个嫩节和青绿色叶片），自然晾晒干燥后，采集约 500 kg，利用铡草机铡成 1~2 cm 的碎段，采集约 10 kg 用于常规营养成分测定和半体内试验，剩余部分用于动物饲养试验。将采集的 10 kg 样品粉碎至 2.5 mm 粒度，之后按照四分法分出 2.5 kg 样品，一部分用于半体内试验，另一部分粉碎过 40 目筛，用于实验室常规营养成分测定。

1.2 常规营养成分测定

总能（GE）采用氧弹量热仪（Parr 6400，美国）测定。干物质（DM）、有机物（OM）、粗灰分（Ash）、钙（Ca）、磷（P）含量采用张丽英[12]的方法测定；粗蛋白质（CP）含量采

用全自动凯氏定氮仪（kdy-9830，中国）测定，粗脂肪（EE）含量采用全自动脂肪仪（ANKOM^{XT15}，美国）测定；中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）含量采用 Van Soest[13]的方法进行测定。

1.3　半体内试验

1.3.1　试验动物及饲养管理

试验选用 3 只体重为（67.0±1.2）kg、装有永久瘤胃瘘管的杜泊×小尾寒羊 F_1 成年羯羊，预饲 2 周，试验羊单圈饲养，每日饲粮供给量为 1.3 倍 NRC 维持需要，饲粮精粗比为 4:6，每日于 08:00 和 18:00 饲喂 2 次，中午 12：00 添加干草 1 次，自由饮水。饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the diet (DM basis)　　%

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[2)]	含量 Content
羊草 *Leymus chinensis*	60.0	干物质 DM	92.64
玉米 Maize	25.0	有机物 OM	91.24
豆粕 Soybean meal	12.4	代谢能 ME/(MJ/kg)	7.97
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.4	粗蛋白质 CP	12.45
石粉 Limestone	0.7	中性洗涤纤维 NDF	37.76
食盐 NaCl	0.5	酸性洗涤纤维 ADF	22.18
预混料 Premix[1)]	1.0	钙 Ca	0.63
合计 Total	100.0	磷 P	0.32

[1)]每千克预混料含有 Contained the following per kg of premix：$CuSO_4•5H_2O$ 26 g，$FeSO_4$ 110 g，$MnSO_4•H_2O$ 93 g，$ZnSO_4•H_2O$ 190 g，KI 70 g，Na_2SeO_3 42 g，$CoCl_2$ 20 g，VA 19 000 IU，VD 72 000 IU，VE 17 000 IU。

[2)]除代谢能为计算值外，其他营养水平均为实测值。ME was a calculated value, while the other nutrient levels were measured values.

1.3.2　尼龙袋法测定瘤胃降解特性

参照陈晓琳等[9]的方法，选择孔径为 300 目（0.05 mm）的尼龙布，裁成 12 cm×8 cm，对折后用细涤纶线缝双道，制成 8 cm×6 cm 的尼龙袋。散边用酒精灯烤焦，以防止尼龙布脱丝。

准确称取待测样品 2 g 装入尼龙袋中，每个样品每个时间点设置 2 个重复，将 2 个尼龙袋固定在一端有开口的长约 20 cm 的半软塑料管上，借助细木棍将尼龙袋送入瘤胃的腹囊处。

塑料管的另一端通过尼龙绳与瘘管塞连接到一起，固定牢固。

尼龙袋在瘤胃内停留的时间为 0、12、24、36、48 和 72 h，于清晨饲喂前 1 h 放入尼龙袋，在不同的时间点依次放入瘤胃内，最终在同一时间点取出。尼龙袋从瘤胃内取出后立即放入冷水终止反应，再用自来水冲洗至水澄清。将洗净后的尼龙袋放入 65 ℃干燥箱中烘干 48 h 至恒重，回潮 24 h 后，将同一时间点的 2 个尼龙袋残渣混合在一起装入自封袋，干燥处保存备用。

1.3.3　瘤胃降解参数和有效降解率的计算

1.3.3.1　不同时间点的降解率

$$A(\%)=[(B-C)/B]\times 100。$$

式中：A 为待测饲料的 DM 或 CP 瘤胃某一时间的降解率（%）；B 为待测样品中 DM 或 CP 含量（g）；C 为待测样品尼龙袋残渣中 DM 或 CP 含量（g）。

1.3.3.2　降解参数及有效降解率

参照Φrskov 等[10]提出的瘤胃动力学数学模型计算降解参数及有效降解率，计算公式为：

$$dP=a+b(1-e^{-ct});$$

$$ED=a+bc/(k+c)。$$

式中：dP 为待测饲料的 DM 或 CP 瘤胃 t 时刻的降解率（%）；a 为快速降解部分（%）；b 为慢速降解部分（%）；c 为慢速降解部分的降解速率（%/h）；t 为瘤胃内培养时间（h）；ED 为待测饲料的有效降解率(%)；k 为瘤胃外流速率（%/h），本试验中 k 值取 0.031/h[11]。

1.4　体内消化代谢试验

选用体重为（67.0±5.1） kg 的杜泊×小尾寒羊 F_1 成年公羊 6 只，试验设置 6 个重复，每个重复 1 只羊。试验前打好耳号，免疫注射三联四防疫苗，经驱虫后移入代谢笼，预试期 10 d、正试期 6 d，每天 08:00 和 18:00 饲喂 2 次，自由采食甘蔗梢，自由饮水，以剩料量为总饲喂量的 15%左右确定每天的饲喂量，正试期的干物质采食量(DMI)即为甘蔗梢的随意采食量。正试期内，采用全收粪尿法收集粪、尿，并记录和收集每只羊每天的投料量和剩料量，计算 DMI。按日排粪量的 10%采集粪样，将每只羊 6 d 的粪样混合后，冷冻保存于-20 ℃冰箱。粪样于 65 ℃烘箱中烘 48 h，回潮 48 h 后称重，计算 DM 含量。然后将粪样粉碎过 40 目网筛，以备常规营养成分及粪氮、粪能测定。正试期内用盛有 100 mL10% H_2SO_4 的塑料

桶收集尿液，稀释至 5 L（防止贮存中有尿酸沉淀），对稀释尿液充分混合，用纱布过滤后，每天取 20 mL 装于塑料瓶中，将每只羊 6 d 的尿样混合后于-20 ℃冰箱保存，用于尿能、尿氮的测定。试验正试期开始及结束时，分别称羊只始重及末重。

各指标计算公式如下：

某营养物质的表观消化率（%）=100×（食入的该营养物质的量-粪中该营养物质的量）/食入的该营养物质的量；

沉积氮(g/d)=食入氮-粪氮-尿氮；

氮沉积率(%)=100×沉积氮/食入氮;

氮生物学价值(%)=100×沉积氮/吸收氮。

1.5 粗饲料分级指数计算

参照《饲草营养品质评定 GI 法》（GB/T 23387-2009）[14]给出的方法，计算甘蔗梢的粗饲料分级指数，计算公式如下：

分级指数=代谢能(MJ/kg)×DMI(kg/d)×CP(%)/NDF(%)。

式中：代谢能=消化能×0.82，消化能为本试验实测值；DMI 为本试验实测值校正为 40 kg 标准绵羊的 DMI；CP 和 NDF 含量为本试验实测值。

1.6 数据统计分析

采用 SAS 9.2 NLI N（nonlinear regression）程序获得瘤胃动力数学模型中的 a、b、c。结果用平均值±标准差表示。

2 结 果

2.1 甘蔗梢常规营养成分含量

甘蔗梢的常规营养成分见表 2。甘蔗梢 GE 为 16.58 MJ/kg，CP 含量为 7.26%，EE 含量较低，为 1.23%，NDF 含量为 68.15%，ADF 含量为 34.54%，Ash 含量为 7.02%，Ca 含量为 0.52%，P 含量为 0.14%。

表 2 甘蔗梢常规营养成分含量（干物质基础）

Table 2 Common nutrient composition contents of sugarcane tops and leaves (DM basis) %

项目 Items	含量 Content
干物质 DM	90.40
总能 GE/(MJ/kg)	16.58
粗蛋白质 CP	7.26

粗脂肪 EE	1.23
中性洗涤纤维 NDF	68.15
酸性洗涤纤维 ADF	34.54
粗灰分 Ash	7.02
钙 Ca	0.52
磷 P	0.14

2.2 甘蔗梢常规营养成分的瘤胃降解特性

如图 1 所示，甘蔗梢的 DM、OM、CP、NDF 和 ADF 的降解率随着时间的增加而增加。DM 和 OM 在肉羊瘤胃内降解率在 12~48 h 降解较快，48 h 降解率分别为 56.62%和 55.48%，之后趋于平稳。CP 在 6~24 h 内降解较快，24 h 降解率达 51.23%，之后趋于平稳。NDF 和 ADF 的 48 h 的降解率均为 45.90%。

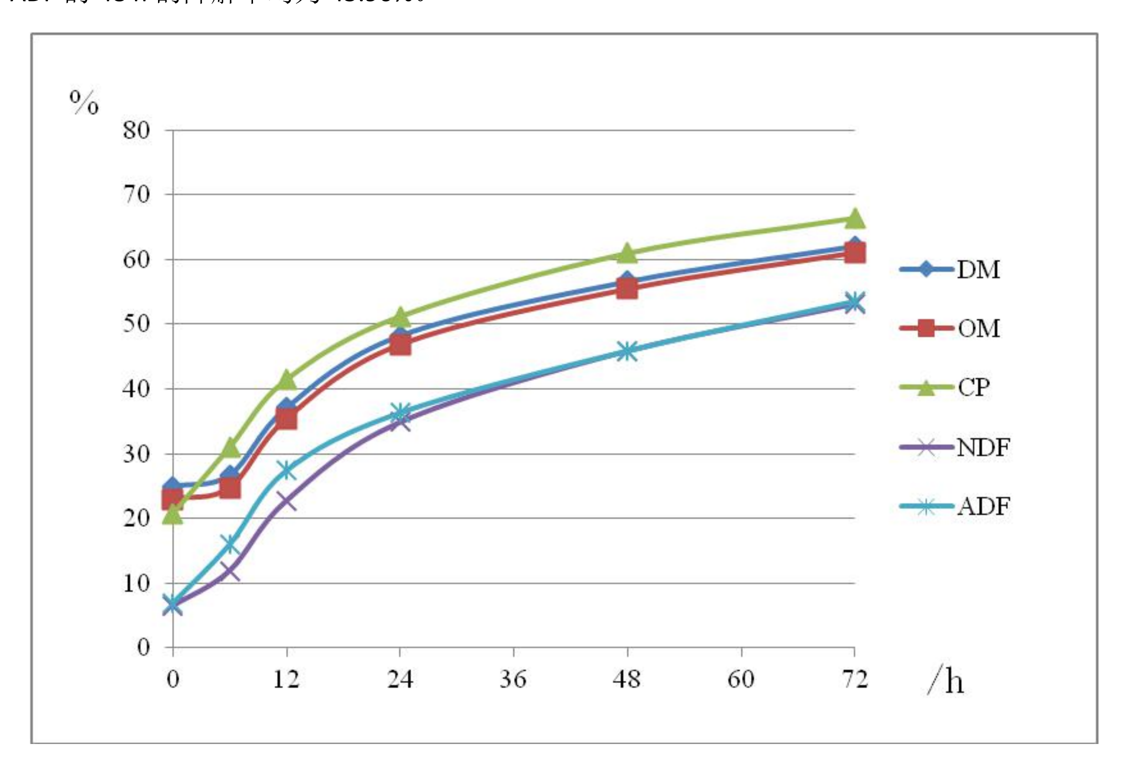


图 1 甘蔗梢常规营养成分在肉羊瘤胃内的降解率

Fig.1 Degradability of nutrients of sugarcane tops and leaves in rumen of mutton sheep

甘蔗梢常规营养成分在肉羊瘤胃内的降解参数见表 3。甘蔗梢的 DM、OM、CP、NDF 和 ADF 的快速降解部分含量分别为 22.49%、20.44%、23.72%、5.41%和 7.65%，不可降解部分含量分别为 34.40%、35.34%、30.78%、42.24%和 44.21%，有效降解率分别为 45.53%、44.14%、49.33%、33.02%和 35.26%。

表 3　甘蔗梢常规营养成分在肉羊瘤胃内的降解参数

Table 3　Degradation parameters of common nutrient composition of sugarcane tops and leaves in rumen of mutton sheep

项目 Items	快速降解部分 Rapidly degraded fraction/%	慢速降解部分 Slowly degraded fraction/%	慢速降解部分的降解速率 Degradation rate of slowly degradable fraction/(%/h)	不可降解部分 Undegradable fraction/%	有效降解率 Effective degradability/%
干物质 DM	22.49	43.11	0.036	34.40	45.53
有机物 OM	20.44	44.22	0.040	35.34	44.14
粗蛋白质 CP	23.72	45.50	0.040	30.78	49.33
中性洗涤纤维 NDF	5.41	52.35	0.035	42.24	33.02
酸性洗涤纤维 ADF	7.65	48.14	0.040	44.21	35.26

2.3　肉羊对甘蔗梢常规营养物质的表观消化率

肉羊对甘蔗梢的随意采食量及其常规营养物质的表观消化率见表 4。在自由采食条件下，肉羊对甘蔗梢的 DM 和 OM 的采食量分别为 942.95 和 869.75 g/d，表观消化率分别为 52.48%和 54.17%；EE 的采食量为 12.78 g/d，表观消化率为 55.84%；NDF 和 ADF 的采食量分别为 710.85 和 360.22 g/d，表观消化率分别为 54.83%和 47.57%；Ca 和 P 的采食量分别为 5.38 和 1.46 g/d，表观消化率分别为 8.79%和 0.84%。

表 4　肉羊对甘蔗梢常规营养物质的表观消化率

Table 4　Apparent digestibility of common nutrients of sugarcane tops and leaves in rumen of mutton sheep

项目 Items	采食量 Intake/(g/d)	排出量 Output/(g/d)	表观消化率 Apparent digestibility/%
干物质 DM	942.95±189.74	446.87±86.70	52.48±3.17
有机物 OM	869.75±175.01	398.08±80.08	54.17±2.90
粗蛋白质 CP	75.72±15.24	36.77±5.69	50.96±4.74
粗脂肪 EE	12.78±2.57	5.45±2.04	55.84±18.89
中性洗涤纤维 NDF	710.85±143.04	320.64±65.48	54.83±3.27
酸性洗涤纤维 ADF	360.22±72.48	188.40±38.16	47.57±4.71
钙 Ca	5.38±1.08	4.87±0.98	8.79±11.39
磷 P	1.46±0.29	1.44±0.30	0.84±14.47

甘蔗梢在肉羊中的能量和氮的代谢见表 5。肉羊 GE 采食量为 17.29 MJ/d，GE 表观消化率为 50.15%，甘蔗梢对肉羊的消化能为 8.32 MJ/d。肉羊的甘蔗梢食入氮为 12.12 g/d，沉积氮为 2.51 g/d，氮沉积率为 20.09%，氮生物学价值为 38.68%。

表 5　甘蔗梢在肉羊中的能量和氮的代谢

Table 5　The apparent digestibility of GE and nitrogen balance of sugarcane tops and leaves in sheep

项目 Items	含量 Content

能量 Energy	
总能采食量 GE intake/(MJ/d)	17.29±3.48
粪能 FE/(MJ/d)	8.60±1.69
总能表观消化率 Apparent digestibility of GE/%	50.15±3.28
消化能 DE/(MJ/d)	8.32±0.54
氮代谢 Nitrogen balance	
食入氮 N intake/(g/d)	12.12±2.44
粪氮 Fecal N/(g/d)	5.88±0.91
尿氮 Urine N/(g/d)	3.73±0.72
沉积氮 N retention/(g/d)	2.51±1.07
氮沉积率 N retention rate/%	20.09±0.06
氮生物学价值 NVB/%	38.68±0.10

2.4 粗饲料分级指数

结合常规营养成分值和实测的甘蔗梢随意采食量及消化能，计算得出甘蔗梢的粗饲料分级指数为 1.16，属于第 4 级。

3 讨 论

3.1 常规营养成分含量

常规营养成分是评价饲料营养价值的基础。本试验测定的甘蔗梢 CP 含量为 7.26%，与肖祎等[15]测定的 7%和高雨飞等[2]测定的 7.06%的结果相近；NDF 和 ADF 测定结果高于高雨飞等[2]测定的 55.42%和 25.14%，但 EE 含量低于其测定结果（4.05%），Ash、Ca、P 含量与其测定结果接近。出现这样的差异可能与甘蔗梢的收获时间、品种及产地不同有关。与肉羊常用粗饲料相比，甘蔗梢的 CP 含量低于苜蓿（14.3%~19.1%），与羊草（7.0%）接近，略高于玉米秸秆（5.0%）和大豆秸（5.0%），高于水稻秸秆（4.0%）和小麦秸秆（3.0%）[16]；NDF 和 ADF 含量与羊草（67%和 47%）接近。这说明甘蔗梢能够为反刍动物提供蛋白质和能量，可以作为肉羊粗饲料来源。

3.2 瘤胃降解特性

半体内法是评价反刍动物饲料营养价值的一种快速、廉价和有效的方法。在评定饲料营养价值的各种方法中，半体内法最大优点是将反刍动物饲料营养价值的评定与瘤胃微生物活动结合起来，主要是通过分析不同饲料营养成分在瘤胃内的降解率及降解参数，可以反映出饲料的营养价值特点[17]。

饲料 DM 瘤胃降解率的高低反映了饲料被消化的难易程度。随着时间的增加，甘蔗梢的降解率不断增加，在 48 h 的降解率达到 56.60%，之后趋于稳定，这与杨世平等[18]的研究

结果一致。甘蔗梢的 DM 有效降解率为 45.53%，高于羊草的 31.59%、低于苜蓿的 67.50%[9]。饲料 OM 的瘤胃降解率取决于植物本身的结构和组成，与饲料中 CP 和纤维含量密切相关[19]。甘蔗梢 OM 的瘤胃降解规律与 DM 的降解规律较为相似，主要在 6~48 h 内被降解，随着饲料在瘤胃内停留时间的延长，OM 降解率随之提高，甘蔗梢 OM 的有效降解率为 44.14%。蛋白质的瘤胃降解率是评定反刍动物饲料营养价值或可利用性的重要指标，它是决定着饲料营养价值的关键部分。饲料蛋白质在瘤胃中的降解主要取决于其发酵的难易程度和在瘤胃内的滞留时间，与饲料 CP 的组成和化学特性等因素有关。甘蔗梢的 CP 降解率在 6~24 h 上升较快，之后趋于稳定，48 h 瘤胃降解率为 60.99%，有效降解率达 49.33%。

NDF 和 ADF 是植物细胞壁的基本成分，结构和组分复杂。饲料中的纤维物质在瘤胃被消化的程度取决于其木质化的程度，植物纤维木质化程度越高，越不易被微生物消化。本试验中，甘蔗梢的 NDF 和 ADF 在 0~6 h 内降解率较低，降解率随着时间的增加而逐渐增加，48 h 的降解率平均值均为 45.90%。NDF 和 ADF 的快速降解部分含量较低，这是因为纤维类物质溶解性极低，瘤胃微生物必须首先紧密附着在底物上才能进行消化，导致饲料纤维类物质在被微生物消化前有一个延搁期。由于延搁期的影响，导致甘蔗梢 NDF 和 ADF 瘤胃降解率在消化初期变化不大，而后逐步加快，至 48 h 后趋于平缓，72 h 的降解率为 54.83%和 47.57%。从结果可以看出，甘蔗梢 NDF 和 ADF 的有效降解率相对比较低，只有 33.02%和 35.26%。甘蔗梢的 NDF、ADF 的各瘤胃降解组分和有效降解率较其 DM、OM 和 CP 要低，可能与甘蔗梢 NDF 较难被瘤胃微生物消化有关，也可能与甘蔗梢的木质化程度比较高难以被微生物利用有关[20]。

3.3 随意采食量

采食量是决定饲草（料）品质进而影响家畜生产性能的主要因素[21]。评价一种饲料作物不仅应根据其本身产量，还应考虑它的饲用价值，而作物的饲用价值取决于家畜采食量和营养物质的利用。动物活体消化试验是研究动物对饲料中营养物质消化利用状况的一种主要方法，在动物营养学研究中占据着重要地位。通过全收粪尿法，直接测定饲料在动物上的采食量及营养物质表观消化率，可以准确反映饲料的饲用价值。在影响动物采食量的因素中，饲料的适口性是评定项目之一[21]。随意采食量是评价饲料适口性的主要方法之一，通过比较动物在单位时间内对不同饲料的采食量，来评定饲料的适口性。

本试验条件下，肉羊每天 DMI 为 942.95 g/d，肉羊平均体重为 67.64 kg，即肉羊对甘蔗梢的 DMI 占体重的 1.39%，以代谢体重计，则甘蔗梢的可供采食潜力为 39.98 g/(kg $W^{0.75}$·d)。袁翠林等[22]估算出苜蓿、羊草和青贮玉米秸秆的 DMI 分别为 91.05、62.85 和 41.73 g/(kg $W^{0.75}$·d)，均高于甘蔗梢。影响动物采食量的主要因素是动物个体差异和饲料状况[21]。前人研究发现,甘蔗具有低消化率和低蛋白质含量的特点[23-24]。肉羊对甘蔗梢的采食量不高，可能与甘蔗梢中纤维含量和纤维的组成有关，通常粗纤维含量越高，适口性和采食量越低。

3.4　表观消化率

饲料的化学成分分析只能说明饲料中各种营养物质的含量，而不能表明能够被动物消化利用的程度。动物采食的饲料经消化后，一部分被分解、消化和吸收，另一部分未被消化的残渣以粪便的形式排出体外。因此，准确测定饲料营养物质的消化率具有重要意义。本试验测得甘蔗梢的 DM、OM、NDF、ADF 的表观消化率分别为 52.48%、54.17%，54.83%、47.57%，这说明甘蔗梢中超过 1/2 的营养物质可被肉羊利用。唐振华等[8]给水牛只饲喂青贮甘蔗梢，测得青贮甘蔗梢的 DM、OM、NDF 和 ADF 的表观消化率分别为 50.00%、55.43%、75.12% 和 60.76%，其中 DM 和 OM 的表观消化率与本试验结果接近，NDF 和 ADF 的表观消化率高于本试验结果。但余梅等[25]研究得出，成年水牛对青贮甘蔗梢的 DM、OM、NDF、ADF 的表观消化率分别为 46.67%、48.00%、43.62%、40.24%，均低于本试验结果；该研究同时指出，在以青贮甘蔗梢为基础饲粮时，补饲精饲料可提高成年水牛的采食量和对饲粮的消化利用效率。在羊上的研究发现，当以青贮甘蔗梢为唯一粗饲料并且补饲精饲料时，海南黑山羊对饲粮的 NDF 和 ADF 的表观消化率分别为 59.54%和 56.03%[7]。分析甘蔗梢的营养物质表观消化率的差异，猜测可能跟选取的动物种类和甘蔗梢饲料的加工调制方式等有关。Sousa 等[24]研究指出，甘蔗饲料的特点是含有高可溶性糖和低纤维消化率，建议通过青贮的方式来提高 NDF 的消化率。但关于如何有效提高甘蔗梢的消化利用效率，还需要进一步研究。

Ca 和 P 是动物维持正常生长发育必不可少的常量矿物质元素。Ca 和 P 主要通过粪排出。本试验测得肉羊对甘蔗梢中的 Ca 和 P 的表观消化率仅为 8.79%和 0.84%，表观消化率偏低可能是因为本试验中肉羊仅采食甘蔗梢，没有额外添加 Ca 和 P 的补充剂，肉羊摄入的 Ca 和 P 较少，同时受到内源 Ca 和 P 排泄的影响，从而导致了表观消化率较低[26]。

能量是动物体内一切代谢活动和生产活动的基础，饲料中的能量是畜禽所需营养物质的

来源，营养物质在被动物采食、消化、吸收、代谢过程中伴随一部分能量的损失。粪能是饲料能量损失的最大部分。本试验中，甘蔗梢的粪能约占 GE 采食量的 49.85%，甘蔗梢的 GE 表观消化率为 50.15%，与赵明明等[27]测定的全羊草饲粮的 GE 表观消化率为 49.11%相接近。动物食入的氮，一部分通过合成体蛋白质沉积在体内，另一部分通过消化代谢后的废弃物随粪、尿排出体外。动物机体对饲粮中蛋白质利用程度可以通过氮沉积率来反映。氮沉积率不仅可以反映饲料蛋白质的优劣程度，还能准确反映蛋白质在动物体内被消化吸收的程度。本试验中，肉羊食入氮为 12.12 g/d，沉积氮为 2.51 g/d，氮沉积率为 20.09%，氮生物学价值为 38.68%，氮表观消化率为 50.96%，略高于赵明明等[27]测定的羊草的氮表观消化率 48.2%，甘蔗梢氮生物学价值高于万凡等[28]测定的全价饲粮的氮生物学价值。这可能是因为肉羊从甘蔗梢中摄入的 CP 含量低于肉羊对蛋白质的需要量，促进了蛋白质的消化利用。

3.5 粗饲料分级指数

由于饲料间营养成分的差异，单一的营养成分指标并不能科学地评定粗饲料的品质，必须综合考虑 CP、NDF、代谢能和动物的 DMI 等多项指标[29]。粗饲料分级指数原理是根据饲草中有效能和牛羊随意采食量计算可采食有效能值，并对饲草中 CP 和 NDF 的影响加以校正，对饲草营养品质进行整体评定。粗饲料分级指数越大，营养品质越高。本试验通过实测相关指标，获得了甘蔗梢的粗饲料分级指数为 1.16，按照给出的绵羊粗饲料分级指数标准[11]，处在 1.03~1.55 的范围内，属于第 4 级。张吉鹍等[29]测得苜蓿干草、青干草和羊草的粗饲料分级指数分别为 1.72、1.10 和 0.57；袁翠林等[22]得出苜蓿、羊草、花生秧和玉米秸的粗饲料分级指数分别为 3.55、0.76、0.74 和 0.43。可见甘蔗梢的粗饲料分级指数处于中间等级，说明甘蔗梢属于中等品质粗饲料。

目前关于甘蔗梢的研究和应用主要在常规营养成分测定和生产应用方面，关于甘蔗梢的生物学效价评定的研究还较为缺乏。本研究只测定了甘蔗梢消化利用相关的基础数据，关于甘蔗梢的氨基酸含量、甘蔗梢在肉羊饲粮中的适宜比例等需要进一步研究。

4 结　论

① 甘蔗梢营养物质含量较丰富，但具有 CP 含量低和纤维含量高的特点，肉羊对甘蔗梢的 DM 采食量占体重的 1.39%，甘蔗梢的可供采食潜力为 39.98 g/(kg $W^{0.75}$·d)，甘蔗梢对肉羊的消化能为 8.32 MJ/kg。

② 按照饲料分级指数的评价标准，甘蔗梢属于中等品质粗饲料。

③ 建议在以甘蔗梢为主要粗饲料配制肉羊饲粮时，应注意搭配精饲料以及补充 Ca、P。

参考文献:

[1] 国家统计局.国家数据[EB/OL].http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01.

[2] 高雨飞,黎力之,欧阳克蕙,等.甘蔗稍作为饲料资源的开发与利用[J].饲料广角,2014(21):44–45.

[3] RIBEIRO R C O,VILLELA S D J,VALADARES FILHO S C,et al.Effects of roughage sources produced in a tropical environment on forage intake,and ruminal and microbial parameters[J].Journal of Animal Science,2015,93(5):2363–2374.

[4] GRADIZ L,SUGIMOTO A,UJIHARA K,et al.Beef cow-calf production system integrated with sugarcane production:simulation model development and application in Japan[J].Agricultural Systems,200794(3):750–762.

[5] ORTIZ-RUBIO M A,ØRSKOV E R,MILNE J,et al.Effect of different sources of nitrogen on *in situ* degradability and feed intake of Zebu cattle fed sugarcane tops (*Saccharum officinarum*)[J].Animal Feed Science and Technology,2007,139(3/4):143-158.

[6] 朱欣,郝俊,刘洪来,等.6 种不同添加物对甘蔗叶梢青贮发酵品质的影响[J].草地学报,2015,23(2):407–413.

[7] 周雄,周璐丽,王定发,等.日粮中青贮甘蔗尾叶替代不同比例王草对海南黑山羊生长性能、养分表观消化率及血清生化指标的影响[J].中国畜牧兽医,2015,42(6):1443–1448.

[8] 唐振华,周玲,邹彩霞,等.青贮甘蔗尾、青贮玉米秸秆对生长水牛生长性能、消化代谢及血液生化指标的影响[J].中国畜牧兽医,2016,43(1):92–100.

[9] 陈晓琳,刘志科,孙娟,等.不同牧草在肉羊瘤胃中的降解特性研究[J].草业学报,2014,23(2):268–277.

[10] ФRSKOV E R,MCDONALD I M.The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the rate of passage[J].Journal of Agricultural Science,1979,92(2):499–503.

[11] 颜品勋,冯仰廉,杨雅芳,等.青粗饲料蛋白质及有机物瘤胃降解规律的研究[J].中国畜牧

杂志,1996,32(4):42–43.

[12] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2010.

[13] VAN SOEST P J.Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages[J].Journal of Animal Science,,1967,26(1):119–128.

[14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 23387-2009 饲草营养品质评定 GI 法[S].北京:中国标准出版社,2009.

[15] 肖祎,吕达,陈政,等.甘蔗梢研究进展[J].中国糖料,2013(1):65–67.

[16] 熊本海,罗清尧,赵峰.中国饲料成分及营养价值表(2016 年第 27 版)制定说明[J].中国饲料,2016(24):26–36.

[17] 曹志军,史海涛,李德发,等.中国反刍动物饲料营养价值评定研究进展[J].草业学报,2015,24(3):1–19.

[18] 杨世平,文际坤,毛华明,等.对拔节期后的糖用甘蔗的营养价值分析[J].云南畜牧兽医,2002(2):1–3.

[19] 刘洁.肉用绵羊饲料代谢能与代谢蛋白质预测模型的研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2012:35－49.

[20] 赵天章,李慧英,闫素梅.反刍动物饲料纤维物质瘤胃降解规律研究进展[J].畜牧与饲料科学,2011,32(7):28–31.

[21] 龙瑞军,董世魁,王元,等.反刍动物采食量的概念与研究方法[J].草业学报,2003,12(5):8–17.

[22] 袁翠林,于子洋,王文丹.等.山东省羊常用粗饲料营养价值评定[J].草业学报,2015,24(6):220–226.

[23] SANTOS S A,DE CAMPOS VALADARES FILHO S,DETMANN E,et al.Different forage sources for F1 Holstein×Gir dairy cows[J].Livestock Science,2011,142(1/2/3):48-58.

[24] SOUSA D O,MESQUITA B S,DINIZ-MAGALHÃES J,et al.Effect of fiber digestibility and conservation method on feed intake and the ruminal ecosystem of growing steers[J].Journal of Animal Science,2014,92(12):5622-5634.

[25] 余梅,刘建勇,赵刚,等.补饲精料对采食甘蔗梢青贮水牛消化代谢的影响[J].云南农业大学学报（自然科学版）,2013,28(4):470－475.

[26] 颜琼娴,谭支良.反刍动物内源磷排泄量及磷真消化率的研究进展[J].华北农学报,2009,24(增刊 1):231–235.

[27] 赵明明,杨开伦,邓凯东,等.直接法与替代法测定羊草对肉用绵羊代谢能的比较研究[J].动物营养学报,2016,28(2):436–443.

[28] 万凡,马涛,马晨,等.不同饲养标准对杜寒杂交肉羊营养物质消化利用的影响[J].动物营养学报,2016,28(12):3819–3827.

[29] 张吉鹍.粗饲料分级指数参数的模型化及粗饲料科学搭配的组合效应研究[D].博士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2004.

Feeding Value Assessment of Sugarcane Tops and Leaves in Mutton Sheep

WANG Shiqin[1] ZHANG Naifeng[1] DENG Kaidong[2] JIANG Chenggang[1] DIAO Qiyu[1*]

(1. *Key Laboratory of Feed Biotechnology of the Ministry of Agriculture, Feed Research Institute*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100081, *China*; 2. *College of Animal Science and Technology, Jinling Institute of Technology*, *Nanjing* 210038, *China*)

Abstract： Common nutrient composition analysis, *in situ* and *in vivo* digestion tests were used to assess feeding values of sugarcane tops and leaves in mutton sheep. Three Dorper×thin-tailed *Han* crossbred F_1 wethers fitted with permanent rumen fistulas were used as experimental animals. Nylon-bag technique was used to estimate ruminal degradation characteristics of sugarcane tops and leaves. Six Dorper×thin-tailed *Han* crossbred F_1 adult male sheep with body weight of (67.0±5.1) kg were used in *in vivo* digestion test. The pre-test period lasted for 10 d, and the test lasted for 6 d. Sugarcane tops and leaves were *ad libitum* fed. Dry matter intake (DMI) and nutrient apparent digestibility were measured by total collection of feces and urine. The results showed as follows: 1) gross energy (GE), and contents of crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude ash (Ash), calcium (Ca) and phosphorus (P) [dry matter （DM） basis] were 16.58 MJ/kg, 7.26%, 1.23%, 68.15%, 34.54%,

*Corresponding author, professor, E-mail： diaoqiyu@caas.cn （责任编辑 王智航）

7.02%, 0.52% and 0.14%, respectively; 2) ruminal effective degradability of DM, OM, CP, NDF and ADF of sugarcane tops and leaves were 45.53%, 44.14%, 49.33%, 33.02% and 35.26%, respectively； 3) sugarcane tops and leaves DMI of mutton sheep was 942.95 g/d accounted for 1.39% of body weight, and the intake potential was 39.98 g/（kg $W^{0.75}$·d）； 4) digestive energy of sugarcane tops and leaves was 8.32 MJ/kg for mutton sheep; 5) apparent digestibility of DM, OM, CP, NDF, ADF, Ash, Ca and P were 52.48%, 54.17%, 50.96%, 55.84%, 54.83%, 47.57%, 8.79% and 0.84%, respectively, nitrogen retention rate was 20.09%， and nitrogen biological value (NVB) was 38.68%; 6) roughage grading index (GI) of sugarcane tops and leaves was 1.16， and sugarcane tops and leaves were categorized to the fourth grade. It is concluded that sugarcane tops and leaves can be intake and utilize by mutton sheep, considering as a medium quality roughage. Consideration should be given to the characteristics of low protein content and high fiber content, as well as Ca and P supplementations when sugarcane tops and leaves are used for preparation of diet for mutton sheep.

Key words: sheep; sugarcane tops and leaves; feeding values; ruminal degradability; apparent digestibility; digestive energy